

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **02-269902**

(43)Date of publication of application : **05.11.1990**

(51)Int.Cl.

G01B 11/00
H01L 21/027

(21)Application number : **01-209927**

(71)Applicant : **CANON INC**

(22)Date of filing : **14.08.1989**

(72)Inventor : **OSAWA MASARU
MATSUGI MASAKAZU**

(30)Priority

Priority number : **63225812** Priority date : **09.09.1988** Priority country : **JP**

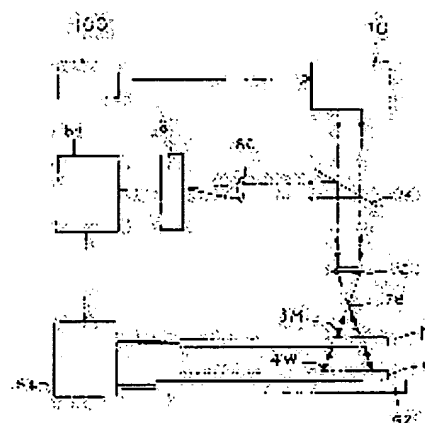
(54) POSITION DETECTING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To detect the relative positions of a mask and a wafer with high accuracy by irradiating a 1st and a 2nd body with luminous flux which has specific overall spectrum half-value width.

CONSTITUTION: The 1st body and 2nd body are irradiated with the luminous flux whose overall spectrum half-value width is $(\lambda/2/200,000\text{nm})\text{nm}$ to 40nm , where the wavelength of luminous flux from a light source 10 is λnm . Parallel luminous flux after passing through a half-mirror 74 irradiates a mask alignment pattern 3M on the surface of the mask M (1st body) and a wafer alignment pattern 4W on the surface of the wafer W (2nd body).

The alignment patterns 3M and 4W form convergence points on a plane crossing an optical axis at right angles including a convergence point 78. The quantity of deviation in convergence point position on the plane is guided onto the surface of a detector 8 through a condenser lens 76 and a lens 80 and detected. Then a control circuit 84 drives the mask M and wafer W by a device 64 according to the output signal of the detector 8 to position the mask M and wafer W relatively.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報(A) 平2-269902

⑤ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 平成2年(1990)11月5日

G 01 B 11/00
H 01 L 21/027

C 7625-2F

7376-5F H 01 L 21/30 3 1 1 H
審査請求 未請求 請求項の数 5 (全14頁)

⑭ 発明の名称 位置検出装置

⑮ 特 願 平1-209927

⑯ 出 願 平1(1989)8月14日

優先権主張 ⑰ 昭63(1988)9月9日 ⑱ 日本(JP) ⑲ 特願 昭63-225812

⑳ 発 明 者 大 沢 大 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株会会社内
 ㉑ 発 明 者 真 継 優 和 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株会会社内
 ㉒ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 ㉓ 代 理 人 弁理士 高梨 幸雄

明 細 書

1. 発明の名称

位置検出装置

2. 特許請求の範囲

(1) 転写すべきパターンを有する第1物体と該パターンを転写すべき第2物体とをプロキシミティ露光を行う為に近接対向配置し、該第1物体と第2物体との相対位置を検出する位置検出装置において、該第1物体及び第2物体に光源手段からの光束の波長を λ nmとしたとき、スペクトルの半値全幅が $(\lambda^2 / 200000 \text{ nm}) \text{ nm} \sim 40 \text{ nm}$ の光束を照射し、該第1物体又は第2物体からの光束を光束検出手段で検出し、該光束検出手段からの出力信号を利用して位置検出手段で該第1物体と第2物体との相対位置を検出するようにしたことを特徴とする位置検出装置。

(2) 前記光源手段はレーザ光源と該レーザ光源の駆動電流値を制御して発生光束のスペクトルの半値全幅を制御する光源駆動制御部とを有していることを特徴とする請求項1記載の位置検出装置。

置。

(3) 前記光源手段をスーパーミネッセントダイオードより構成したことを特徴とする請求項1記載の位置検出装置。

(4) 転写すべきパターンを有する第1物体と該パターンを転写すべき第2物体とをプロキシミティ露光を行う為に近接対向配置し、該第1物体と第2物体との相対位置を検出する位置検出装置において、該第1物体及び第2物体にスーパーミネッセントダイオードを有する光源手段から光束を照射し、該第1物体又は第2物体からの光束を光束検出手段で検出し、該光束検出手段からの出力信号を利用して位置検出手段で該第1物体と第2物体との相対位置を検出するようにしたことを特徴とする位置検出装置。

(5) 転写すべきパターンを有する第1物体と該パターンを転写すべき第2物体とをプロキシミティ露光を行う為に近接対向配置し、該第1物体と第2物体との相対位置を検出する位置検出装置において、該第1物体及び第2物体にレーザ光源

と該レーザ光源の駆動電流値を閾値電流値以下に制御する為の光源駆動制御部とを有する光源手段から光束を照射し、該第1物体又は第2物体からの光束を光束検出手段で検出し、該光束検出手段からの出力信号を利用して位置検出手段で該第1物体と第2物体との相対位置を検出するようにしたことを特徴とする位置検出装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は位置検出装置に関し、例えば半導体素子製造用の露光装置において、マスクやレチクル(以下「マスク」という。)等の第1物体面上に形成されている微細な電子回路パターンをウエハ等の第2物体面上に露光転写するプロキシミティ露光を行う際にマスクとウエハとの相対的な位置決め(アライメント)を行う場合に好適な位置検出装置に関するものである。

(従来の技術)

従来より半導体製造用の露光装置においては、マスクとウエハの相対的な位置合わせは性能向上

法に比べてアライメントパターンの欠損に影響されずに比較的高精度のアライメントが出来る特長がある。

このようなフレネルゾーンプレート等の物理光学素子を用いてマスクとウエハとの相対的な位置合わせを行う場合、光源としては高輝度で指向性が良く、しかもコヒーレンシの良いHe-Neレーザや半導体レーザ等が用いられている。

しかしながらこのようなレーザからの光束をマスクやウエハ面上に設けた位置合わせ用のアライメントマークに照射し、該アライメントマークからの信号光を所定面上に配置したセンサで受光して位置合わせをする場合、マスク面上のアライメントパターンからの反射光とウエハ面上のアライメントパターンからの反射光との間で干渉が生じたり、マスク面上とウエハ面上のアライメントパターンからの散乱光により生ずる干渉の為にセンサ面上に所謂スペckルが発生したりする。

この他アライメント信号光と散乱光等の不要光が干渉を起こし、同様に光学的なノイズを発生し

を因る為の重要な一要素となっている。特に最近の露光装置における位置合わせにおいては、半導体素子の高集積化の為に、例えばサブミクロン以下の位置合わせ精度を有するものが要求されている。

多くの位置合わせ装置においては、マスク及びウエハ面上に位置合わせ用の所謂アライメントパターンを設け、それらより得られる位置情報を利用して、双方のアライメントを行っている。このときのアライメント方法としては、例えば双方のアライメントパターンのずれ量を画像処理を行うことにより検出したり、又は米国特許第4037969号や特開昭56-157033号公報で提案されているようにアライメントパターンとしてゾーンプレートを用い該ゾーンプレートにレーザ等の光源からの光束を照射し、このときゾーンプレートから射出した光束の所定面上における集光点位置を検出すること等により行っている。

一般にゾーンプレートを利用したアライメント方法は、単なるアライメントパターンを用いた方

てくることがある。このような光学的なノイズが増加するとセンサからの出力信号のS/N比を悪下させ、位置合わせ精度を低下させる大きな原因となってくる。

特に半導体素子の製造方法の1つであるプロキシミティ型の露光装置のようにマスクとウエハとの間隔が非常に小さな場合にはマスクからの反射(回折)光とウエハからの反射(回折)光とが非常に干渉しやすい状態となってくる。

(発明が解決しようとする問題点)

本発明は前述従来例の欠点に鑑み、特にプロキシミティ露光においてマスクとウエハのそれぞれからの反射(回折)光による干渉等の影響を殆ど受けずに高精度にマスクとウエハ間との相対位置検出を行なうことが可能な位置検出装置の提供を目的とする。

例えば本発明は転写すべきパターンが形成されている第1物体と該パターンを転写すべき第2物体面上に設けたアライメントマークに光束を入射させ、該アライメントマークからの光束を利用し

て第1物体と第2物体との相対的な位置検出を行う際、光源からの光束例えばレーザからの光束の波長幅を調整し、該光束のコヒーレンスを低下させてセンサ等が配置されている所定面上におけるスペックルの発生を軽減させてセンサS/N比を向上させ高精度な位置検出を可能とした位置検出装置の提供を目的とする。

(問題点を解決するための手段)

本発明の位置検出装置は、転写すべきパターンを有する第1物体と該パターンを転写すべき第2物体とをプロキシミティ露光を行う為に近接対向配置し、該第1物体と第2物体との相対位置を検出する位置検出装置において、該第1物体及び第2物体に光源手段からの光束の波長を $\lambda \text{ nm}$ としたとき、スペクトルの半値全幅が $(\lambda^2 / 200000 \text{ nm}) \text{ nm} \sim 40 \text{ nm}$ の光束を照射し、該第1物体又は第2物体からの光束を光束検出手段で検出し、該光束検出手段からの出力信号を利用して位置検出手段で該第1物体と第2物体との相対位置を検出するようにしたことを特徴と

している。
離 $2c$ が光路差 $2g$ より大きくなる為、マスクからの反射(回折)光とウエハからの反射(回折)光とはコヒーレントな関係となり、従って両者の間に干渉が発生する。

一方で可干渉性の非常に短い、例えば白色光源等をフレネルゾーンプレート等の物理光学素子照明用の光源として用いた場合、物理光学素子によってセンサ面上に収束される位置検出用光束は光束のスペクトルの広がり起因する色収差によるボケを発生する。この為、センサ面上でのスポット径が充分小さくならず、低エネルギー密度になる為にS/N比が悪化してくる。

そこで本発明ではプロキシミティ露光において最良の位置検出精度を与える可干渉性を有する光束を用いてマスクとウエハの相対位置検出を行っていることを特徴としている。以下、具体的な実施例について説明する。

第1図(A)はゾーンプレートを利用した本発明の第1実施例の位置検出装置の概略図である。

している。

特に本発明では、前記光源手段をレーザ光源と該レーザ光源の駆動電流値を制御して発生光束のスペクトルの半値全幅を制御する光源駆動制御部とを有するように構成したこと、又は前記光源手段をスーパーミネッセントダイオードより構成したことを特徴としている。

(実施例)

本発明の位置検出装置を利用した半導体素子製造方法の1つである。プロキシミティ露光においてはマスクとウエハとの間隔 g が例えば $50 \mu\text{m}$ であるとする。マスクからの反射(回折)光とウエハからの反射(回折)光との光路差は $2g = 100 \mu\text{m}$ となる。

一方、他のレーザ光源に比べ比較的スペクトル幅が広い。即ち、可干渉距離の短いレーザである半導体レーザ、例えばHL7832G(商品名; 株式会社日立製作所製)のレーザではそのスペクトル幅は半値全幅 $\Delta\lambda = 2 \text{ nm}$ 、この時の可干渉距離 $2c$ は $312 \mu\text{m}$ である。従って、可干渉距

同図において光源10から射出した平行光束はハーフミラー74を通過後、集光レンズ76で集光点78に集光された後、第1物体としてのマスクM面上のマスクアライメントパターン3M及び支持台62に載置した第2物体としてのウエハW面上のウエハアライメントパターン4Wを照射する。これらのアライメントパターン3M、4Wは反射型のゾーンプレートより構成され、各々集光点78を含む光軸と直交する平面上に集光点を形成する。このときの平面上の集光点位置のずれ量を集光レンズ76とレンズ80により検出器(センサとも言う。)8面上に導光して検出している。

そして検出器8からの出力信号に基づいて制御回路84により駆動機構64でマスクMとウエハWとを駆動してマスクMとウエハWの相対的な位置決めを行っている。

第1図(A)は第1図(B)に示したマスクアライメントパターン3Mとウエハアライメントパターン4Wからの光束の結像関係を示した説明図

である。

同図において集光点78から発散した光束はマスクアライメントパターン3Mよりその一部の光束が回折し、集光点78近傍にマスク位置を示す集光点78aを形成する。又、その他の一部の光束はマスクMを0次透過光として透過し、波面を変えずにウエハW面上のウエハアライメントパターン4Wに入射する。このとき光束はウエハアライメントパターン4Wにより回折された後、再びマスクMを0次透過光として透過し、集光点78近傍に集光しウエハ位置をあらわす集光点78bを形成する。同図においてはウエハWにより回折された光束が集光点を形成する際には、マスクMは単なる素通り状態としての作用をする。このように本実施例ではゾンプレート1つで1つの集光点を形成する。

このようにして形成されたウエハアライメントパターン4Wによる集光点78bの位置は、ウエハWのマスクMに対するずれ量 $\Delta\sigma$ に応じて集光点78を含む光軸と直交する平面に沿って該ずれ

射光やアライメントマークからの散乱光そしてアライメント信号光以外の不要光等が互いに干渉をしてセンサ面上に干渉縞やスペckルパターンが発生してくる。

例えば第2図に示すように光源からの光束47はマスクMとウエハW上のアライメントパターン3M、4Wを介してアライメント信号光47'としてセンサ8に入射するがセンサ8にはこの他マスクアライメントパターン3M表面からの反射(回折)光が不要光47''としてセンサ8に入射し、アライメント信号光47'と干渉して干渉光を発生する。

このときの干渉光はセンサ8のS/N比を低下させ位置合わせ精度を大きく低下させる原因となってくる。

次に本実施例においてセンサ面上の干渉パターンの強度分布を第3図を用いて説明する。

第3図(A)に示す様に、センサ8上で位置合わせ用のアライメント信号光47'と不要光47''とが干渉性を有して重なる時、センサ8面

量 $\Delta\sigma$ に対応した量のずれ量 $\Delta\sigma'$ として形成される。

同図に示す位置検出装置においては、相対的な位置ずれ量を求める際にマスクとウエハ面上に設けたゾンプレートからの光を評価すべき所定面上に独立に結像させて両方の結像点の基準とする即ちマスク・ウエハにずれのない時の相対位置関係からのずれ量を求めている。この時の基準となる相対位置関係は設計値により求まるが、ためし焼により求めても良い。

次に本実施例で用いている光源10について説明する。

一般にレーザ光は可干渉性が高い。例えば市販のHe-Neレーザは3~4本の縦モードを有し、可干渉性距離は数10cm程度ある。又半導体レーザを1mW以上の光出力で駆動させたときの可干渉距離は数100cm以上になってくる。この為、本実施例のような構成の位置合わせ装置に光源として、これらのコヒーレンシの良いレーザ光を用いた場合、マスク面とウエハ面からの反

上の光強度分布は一般に第3図(B)の様にランダムに変化する干渉光ノイズを有する。

センサ上のある点での信号光の複素振幅を $A_s \cdot e^{i(\omega t + \phi_1)}$ 、不要光の複素振幅を $A_N \cdot e^{i(\omega t + \phi_2)}$ とすると、複素振幅の合成は、

$$R = A_s \cdot e^{i(\omega t + \phi_1)} + A_N \cdot e^{i(\omega t + \phi_2)} \\ = (A_s \cdot e^{i\phi_1} + A_N \cdot e^{i\phi_2}) e^{i\omega t}$$

ここで A_s は信号光の振幅、 A_N は不要光の振幅、 ω は光の周波数、 ϕ_1 は信号光の初期位相、 ϕ_2 は不要光の初期位相となりこの時、光の強度、すなわち振幅Aの2乗は

$$A^2 = (A_s e^{i\phi_1} + A_N e^{i\phi_2})(A_s e^{-i\phi_1} + A_N e^{-i\phi_2}) \\ = A_s^2 + A_N^2 + A_s \cdot A_N (e^{i(\phi_1 - \phi_2)} + e^{i(\phi_2 - \phi_1)}) \\ = A_s^2 + A_N^2 + 2 \cdot A_s \cdot A_N \cos(\phi_2 - \phi_1)$$

となる。このように信号光と不要光が合成されると信号光だけを受けた時の強さ A_s^2 と不要光だけを受けた時の強さ A_N^2 に加えて、第3項の干

渉効果による強さ、即ち $2 \cdot A_s \cdot A_N \cos(\phi_s - \phi_i)$ の項があらわれる。また、上記の場合は信号光と不要光が完全にコヒーレントな場合であるが第3項を $2 \cdot A_s \cdot A_N \cos(\phi_s - \phi_i) \cdot \gamma$ ($0 \leq \gamma \leq 1$) と書き直して、2つの光が完全にコヒーレントな場合を $\gamma = 1$ 、完全にインコヒーレントな場合を $\gamma = 0$ 、部分的にコヒーレントな場合を $0 < \gamma < 1$ として考えれば、そのときの強度が適切に得られる。

一般にプロキシミティ露光の場合、マスクアライメントマーク3Mとウエハアライメントマーク4Wの間隔 g は $10 \mu m \sim$ 数 $100 \mu m$ であり、この範囲では半導体レーザーを数 mW で出力した場合には、コヒーレンスの程度 γ は $\gamma \approx 1$ となる。よってセンサ面上で信号光と不要光が重なると、そこでの光の強度は

$$A^2 = A_s^2 + A_N^2 + 2 \cdot A_s \cdot A_N \cos(\phi_s - \phi_i) \cdot \gamma \quad (\gamma \approx 1)$$

となり、 $\gamma \approx 1$ であることにより、第3項の影響が無視できない大きさとなる。たとえば、信号光

と不要光の位相差 $\phi_s - \phi_i$ は、 $\lambda = 0.8 \mu m$ とすると $\lambda/2 \approx 0.4 \mu m$ 程度の2つの光束の相対位置変動で π だけ変化するために A^2 は

$$A^2 = A_s^2 + A_N^2 - 2 \cdot A_s \cdot A_N$$

と

$$A^2 = A_s^2 + A_N^2 + 2 \cdot A_s \cdot A_N$$

の間でランダムに変動することになる。

この様にして第3図(B)に示した様にセンサ8上で互いに干渉性を有する2つ以上の光束が重なった時、センサ8の光強度は $0.1 \mu m$ 程度のマスク・ウエハ間隔の変動に対しても形状が干渉効果の影響を受けて大きく変化するために位置検出精度が著しく悪化する。

一方、 $\gamma = 0$ 、即ち信号光47'と不要光47''が完全にインコヒーレントな場合には第3図(C)に示すようにセンサ面上の光強度分布は信号光47'と不要光47''の強度の和となり、干渉による影響はなくなるため、例えば信号光47'と不要光47''センサ面上で重なったとしても電気的な信号処理により不要光の影響は取り

除くことが可能となる。例えば第3図(A)について不要光47''の強度分布を知ることにより信号光47'と不要光47''の和信号から不要光47''による信号成分を引くことにより信号光47'のみによる信号出力を得ることができる。

次にマスクとウエハの間隔を g とした時、マスクからの反射光とウエハからの反射光の干渉性が $\gamma = 0$ となるためのスペクトル幅(スペクトルの半値全幅) $\Delta \lambda$ の条件について述べる。

一般に光の可干渉距離 l_c と波長 λ そしてスペクトル幅 $\Delta \lambda$ の間には $l_c = \lambda^2 / \Delta \lambda$ の関係がある。例えば半導体レーザーとして前述の HL7832G を閾値以下で駆動し、スペクトル幅 $\Delta \lambda = 16 nm$ 、中心波長 $0.79 \mu m$ とした時の可干渉距離 l_c は(ともに株式会社アドバンテスト社の光スペクトルアナライザ TQ8345 で測定) $40 \mu m$ であり、これは理論値 $\lambda^2 / \Delta \lambda = 39 \mu m$ とよく一致した。以下の議論にはこの理論式 $l_c = \lambda^2 / \Delta \lambda$ を用いる。

$l_c = \lambda^2 / \Delta \lambda$ より $\Delta \lambda = \lambda^2 / l_c$ 、一方でマスクからの反射光とウエハからの反射光が干渉しないための条件は $l_c \leq 2g$ である。よってマスク・ウエハ間隔 g が与えられた時の干渉を防ぐためにスペクトル幅に必要な条件は

$$\Delta \lambda \geq \lambda^2 / 2g$$

となる。ここで干渉を防ぐためにはスペクトル幅は広いほどよく、又波長は短い程良いことが分かる。

プロキシミティ露光装置の場合、通常マスクとウエハとの間隔が $100 \mu m$ 、あるいはそれ以下になっても干渉を防ぐことが必要である。間隔 $100 \mu m$ において干渉を防止する条件はスペクトル幅 $\Delta \lambda \geq \lambda^2 / 2g$ より

$$\Delta \lambda \geq \lambda^2 / 200000 \quad \dots (1)$$

(ただし $\Delta \lambda$ 、 λ の単位は nm)

となる。

一方、可干渉距離を短かくする為、光源のスペクトル幅を広げていくと物理光学素子が波長依存性を有するため、センサ面での信号スポットが大

きくなると共に、センサに入射する光量は一定であることから信号のピーク値が下がる。ノイズレベルが変化しないことより、一定の条件を超えて光源のスペクトル幅が広がると、 S/N の低下をきたし、位置検出において十分な精度が得られなくなる。

ゾーンプレート等の物理光学素子を用いた各種位置検出装置において各方式に依存して光源の光出力、物理光学素子の回折効率等が異なるが、各方式ともに位置検出に物理光学素子を用いスポットを検出する限り、その物理光学素子の波長依存性に起因する光源のスペクトル幅が広がっている場合の結像スポットの広がりによる S/N の低下は問題となる。

このことを第1図(A)に示した方式の部分概略図である第4図を用いて説明する。

第4図において $3M(4W)$ はマスク(またはウエハ)上の物理光学素子である。78は信号スポットの結像点であり、この点のある面78aはセンサ面位置に共役である。 a は物理光学素子の

し、そこでのスポット径 w' は

$$w' = \frac{1.4 \lambda f (1 + \frac{\Delta \lambda}{2 \lambda})}{a}$$

となる。

この時、センサ面と共役位置78aでのスポット径を w'' とすると

$$\frac{w'' - w}{a - w} = \frac{\Delta}{f + \Delta}$$

より

$$w'' = \frac{\Delta}{f + \Delta} (a - w) + w$$

である。

この波長 $\lambda + \frac{\Delta \lambda}{2}$ の光束のスポット径 w'' がスペクトル幅 $\Delta \lambda$ を持つ光束のスポット径と略一致する。

光源のスペクトル幅が $\frac{\Delta \lambda}{2}$ ふえた場合のセンサ面共役位置78aにおけるスポット径の変化量は

大きさ、 w は光源にスペクトル広がりがない場合のスポット径、 w' は光源に $\Delta \lambda$ のスペクトル広がりがある場合の結像位置におけるスポット径、 w'' は光源に $\Delta \lambda$ のスペクトル広がりがある場合のセンサ面と共役位置78aにおけるスポット径、 Δ は $\Delta \lambda$ の波長変化がある場合の物理光学素子 $3M$ の焦点距離の変化量を示す。

第4図において光源にスペクトル広がりがない場合のセンサ面と共役位置78aにおけるスポット径 w は光源の波長を λ とすると、 $w = (1.4 \lambda f) / a$ で記述される。ここで f は波長 λ における物理光学素子 $3M(4W)$ の焦点距離である。

一方、光源に $\Delta \lambda$ だけのスペクトル広がりがある場合を考える。波長が λ から $\lambda + \frac{\Delta \lambda}{2}$ に変化した場合に物理光学素子 $3M$ の焦点距離は、 $f(1 + \frac{\Delta \lambda}{2 \lambda})$ に変化し、その結果、スポット位置がセンサ位置78から $\Delta = \frac{\Delta \lambda}{2 \lambda} \cdot f$ だけ移動

$$\begin{aligned} \frac{w''}{w} &= \frac{1}{\lambda + \frac{\Delta \lambda}{2}} \left(\lambda + \frac{a}{w} \cdot \frac{\Delta \lambda}{2} \right) \\ &= \frac{a^2 \cdot \frac{\Delta \lambda}{2} + 1.4 \lambda^2 f}{1.4 \lambda f (\lambda + \frac{\Delta \lambda}{2})} \\ &= \frac{a^2 \cdot \frac{\Delta \lambda}{2}}{1.4 \lambda f (\lambda + \frac{\Delta \lambda}{2})} + \frac{\lambda}{\lambda + \frac{\Delta \lambda}{2}} \end{aligned}$$

で記述される。

今、スペクトル広がりがある場合とない場合でセンサ面上のトータル信号光量が同一とすると、スポット径が w から w'' に広がったことにより信号出力のピーク値はスポット径の広がりに反比例して w/w'' 倍となる。つまりセンサ上での信号光のエネルギー密度が低下し、 S/N が悪化して十分な精度が得られなくなる。

次にスペクトル幅の広がりによる S/N の低下を考慮し、十分な精度を得るのに必要とされるスペクトル幅の上限値について述べる。

第1図(A)においてレンズ76と80でセンサ8上に拡大投影し、その位置を判定するためには物理光学素子3M(または4M)のできるスポットはある程度小さくすることが好ましい。

具体的にはスポット径は先に示したように $(1.4\lambda f)/a$ で定まるが、これは $10\mu m$ 以下が好ましい。

一方、フレネルゾーンプレート等の物理光学素子の製作上は f が長い程、パターンピッチが大きくなる為、長い程有利であるが、先の条件を考えると物理光学素子の焦点距離 f は $1mm$ 以下が一般的と考えられる。又光源として光半導体デバイス、特に半導体レーザー、SLD等において、最も一般的な波長領域としては $0.8\mu m$ 付近の波長が考えられる。又、物理光学素子の大きさ a はウエハ上でアライメントマークに許容される専有面積より $100\mu m$ 程度が一般的と考えられる。

第1図(A)の位置検出方式における一般的な例として $f=1mm$ 、 $\lambda=0.85\lambda$ 、そしてス

ペクトル幅 $\Delta\lambda=\pm 30nm$ とすると、スペクトル幅の広がりがない場合に比較してスペクトル幅 $\Delta\lambda=\pm 30nm$ の場合のスポット径の広がる割合 w''/w は約1.25になり、このことからスペクトル幅の広がりが $\pm 30nm$ 程度広がるとセンサ上での信号光のピーク値が20%程低下し、このため S/N 比が悪化して充分な位置検出精度を得るのに好ましからざる影響を及ぼすことになる。

従って第1図(A)に示した様な位置検出方式においては、一般に光源のスペクトル幅は $60nm$ 以下であることが好ましい。即ち

$$\Delta\lambda \leq 60 (nm) \quad \dots\dots (2)$$

が条件となる。(1),(2)式よりプロキシミティ露光で物理光学素子の1回の集光によりスポットを形成する方式においては

$$\lambda^2/200000 \leq \Delta\lambda \leq 60 \quad (\text{単位} nm)$$

が干渉光の影響、スポット拡大による S/N 比の低下を軽減させる適切な範囲として得られる。

次に光源10からの光束の発振波長幅が前述の範囲内となるように光源駆動制御手段100により制御し、光束のコヒーレンスを低下させて、センサ面上に生ずる干渉光の影響、 S/N 比の劣化を軽減させる方法の一実施例について述べる。

例えば光源としてレーザを用いた場合には、該レーザの駆動の際のしきい値電流値 I_{th} に対して1.1倍以下の駆動電流で駆動してセンサ面上に生ずる干渉光の影響を軽減させている。

第5図(A)は本実施例において半導体レーザを用い、そのときの駆動電流の駆動領域を示した概略図である。同図においては領域S1と領域S2をレーザのしきい値電流値を I_{th} としたとき、駆動電流値が $1.1 \times I_{th}$ となる点を境にして区切っている。一般にS1はコヒーレンスの小さな領域、S2は領域S1に比べてコヒーレンスの大きな領域を示している。

本実施例では前述の如くレーザを領域S1に示すように駆動電流を $1.1 I_{th}$ 以下で駆動させてコヒーレンスの低下を図っている。

第5図(B)は本実施例において光源として、半導体レーザーHL8314G(商品名;株式会社日立製作所製)を用いたときの発振特性を示す一実施例の説明図である。

図中、横軸は半導体レーザに印加する電流値で縦軸は各電流値における光出力である。半導体レーザの光出力はしきい電流値 I_{th} (約46mA)を越えると急に増加し始める。同図に示すように半導体レーザーHL8314G(以下「HL8314G」という。)のしきい電流値 I_{th} は約46mAである。又同図には参考の為に駆動電流値 I が $I=40mA$ 、 $46mA$ 、 $48mA$ 、 $54mA$ のときの発振波長のスペクトル分布の一例をそれぞれ41、42、43、44に示している。

同図に示す半導体レーザ光のスペクトル分布はしきい電流 I_{th} 付近まではマルチモードであるが、 $I=54mA$ ($\approx 1.2 I_{th}$)(光出力は4.5mW)程の印加電流を加えるとHL8314Gの様なシングルモードレーザでは、シングル

モードで発振する。HLB314Gにおいては $I = 1.1 \text{ A}$ まではマルチモード発振である。また光スペクトルアナライザー(株式会社アドバンテスト製TQ8345)で測定したコヒーレント長は $I = 40 \text{ mA}$ の時のスペクトル図41(スペクトル巾は 10.5 nm)で約 $60 \mu\text{m}$ 、 $I = 46 \text{ mA}$ の時のスペクトル図42(スペクトル巾は 4.5 nm)で約 $120 \mu\text{m}$ 、 $I = 48 \text{ mA}$ の時のスペクトル図43(スペクトル巾は 0.45 nm)で約 $1200 \mu\text{m}$ 、 $I = 54 \text{ mA}$ の時のスペクトル図44(スペクトル巾は 0.3 nm 以下)で約 1 mm 以上であった。また光出力は $I = 40 \text{ mA}$ のスペクトル図41の時約 0.1 mW 、 $I = 46 \text{ mA}$ のスペクトル図42の時、約 0.5 mW であった。又FFP(Far Field Pattern)の半値全角は $I = 40 \text{ mA}$ 以上では、 $\theta_N = 30^\circ$ 、 $\theta_L = 20^\circ$ で一定であった。

このようにしきい電流値以上ではシングルモードで発振する半導体レーザを本実施例ではしきい

第6図(C)に示した発光スペクトル巾の半値全幅は約 10 nm であり、これは先の実施例に示した半導体レーザの $I = 40 \text{ mA}$ の場合のスペクトル幅に相当する干渉性を有する。この時のコヒーレント長は約 $60 \mu\text{m}$ であり、間隔が $30 \mu\text{m}$ 以上でマスクとウエハが設定されている場合には、位置検出信号光と不要光の干渉による位置検出信号のS/N比の悪化を良好に防止することが可能となる。

また、 $I = 130 \text{ mA}$ 程電流を流せばスペクトル幅は、ほぼ同じで光出力として 2 mW 以上の値を得ることができる。またSLDの発光部分の大きさは $6 \mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$ 以下の小面積にすることが可能であり、射出光束の指向性の良さと相まって高輝度でかつ干渉性の小さな光源として、使用することができるという特長を有している。

第7図は本発明を所謂プロキシミティ法による半導体製造用の露光装置に適用したときの他の一実施例の要部概略図である。

図中、Mはマスク、Wはウエハであり各々相對

電流値以下で駆動させ、これによりスペクトルがマルチモードで放出光のFFPの指向性が保たれたまま高輝度でかつ干渉性の少ない、即ちコヒーレンシの低いかつS/N比の高い光束として用いている。

この他本発明においては光源としてコヒーレンシが低いスーパーluminescentダイオード(SLD、「スーパーラディエントダイオード」ともいう。)を使用することも可能である。

第6図(A)、(B)にSLD、L330z(商品名:浜松フォトリクス製)の活性層面に対して垂直方向と平行方向の放射光の指向特性を、同図(C)にSLDに印加電流値 I を $I = 120 \text{ mA}$ とした場合の発光スペクトル分布を、そして同図(D)にSLDの電流-光出力特性を示す。

SLDは一般的な発光ダイオードに比べて光の指向性が良く、光出力が高いにもかかわらず発光スペクトル幅が広く、コヒーレンシが比較的低い為に本発明に係る位置合わせ装置用の光源としては好適である。

的な位置合わせを行う第1物体と第2物体に相当している。 $3M'$ はマスクM面上のマスクアライメントパターンで第1物理光学素子に相当し、 $4W'$ はウエハ4面上のウエハアライメントパターンで反射型の第2物理光学素子に相当している。

本実施例において、アライメントパターン $3M'$ 、 $4W'$ はそれぞれ集光発散作用を有する物理光学素子より成る所謂凸凹系のアライメント系を構成している。同図において波長幅可変の光源10から出射された光束を投光レンズ系11で平行光束とし、ハーフミラー12を介してマスクアライメントパターン $3M'$ を照射している。マスクアライメントパターン $3M'$ は入射光束をウエハWの方の点Qで集光させるゾーンプレートより成っている。点Qに集光する光束は点Qに込む途中でウエハアライメントパターン $4W'$ に入射する。

ウエハアライメントパターン $4W'$ は反射型のゾーンプレートより成っており、入射光束を反射

させマスクMとハーフミラー12とを通過させた後、検出器8の検出面9上に集光している。

この集光点の重心位置を位置検出回路24で求め、制御装置23へ位置信号を送っている。

ここで重心とは、光束検出面内において、検出面内各点のこの点からの位置ベクトルに、各点の光強度を乗算したものを検出面全面で積分した時に積分値が0ベクトルになる点のことである。

制御装置23ではウエハの位置ずれ量を評価し、位置合わせ信号をウエハステージコントローラ22へ送っている。そしてウエハステージコントローラ22によりウエハステージ21を移動し、マスクとウエハの位置ずれを補正している。尚100は光源駆動制御手段であり、後述するように光源10からの光束の発振波長幅を制御している。15はアライナー本体、16はマスクチャック、17はメンブレン、20はウエハチャックである。

以上の様な構成をとることによりマスクMに対しウエハWが $\Delta\delta$ だけ横ずれを起こすと、マスク

アライメントパターン3M'及びウエハアライメントパターン4W'でそれぞれレンズ(集光)作用を受けた光束の出射角が変化し、検出面9上で集光点が重心ずれを起こす。出射角が小さい時、マスクMとウエハWとが平行方向に $\Delta\sigma w$ ずれており、マスクのアライメントマークの焦点距離を aw 、ウエハのアライメントマーク4W'を通して集光した光束の集光点までの距離を L とすると検出面9上での集光点の重心ずれ量 $\Delta\delta w$ は

$$\Delta\delta w = \Delta\sigma w \left(1 - \frac{L}{aw - g}\right) \dots\dots (3)$$

となる。例えば適切な例としてマスクMとウエハWとの間隔 g を $g = 30 \mu m$ とし、

$$aw = 214.7228 \mu m$$

$$L = 18657 \mu m$$

とすれば、-100倍の感度が得られる。

即ち、本実施例においては $\Delta\delta w = 1.0 \mu m$ 精度で測定できれば位置ずれ量 $\Delta\sigma w$ は $0.01 \mu m$ まで評価することができるという特長を有している。

尚、このときウエハの焦点距離 bw は $-186.570 \mu m$ となる。

具体的な位置ずれ量の検出法を述べる。マスク設定時にためし焼によってマスクとウエハの位置ずれのない時の重心位置を基準位置として求め、位置検出時に重心位置が基準位置から x 方向にどれだけずれているかを検出して前述の(1)式からマスク・ウエハの相対ずれ量を求めることができる。このように本実施例ではマスクとウエハのそれぞれの面上に形成された物理光学素子の2つによって1つの集光点を形成する。

本実施例においても光源10からの光束の発振波長幅が干渉の影響、スポット径拡大による S/N 比の劣化を軽減するような範囲となるように光源駆動制御手段100により制御している。光源10としては前述の半導体レーザ、SLD等があげられる。光源駆動制御手段100は具体的に以下に述べるようなスペクトル幅になるように光源制御を行なう。

第7図に示したような位置検出装置において、

充分な位置検出精度を得るのにあたり、許容できるスペクトル幅を示す。許容できるセンサ上での信号光のエネルギー密度の低下は前述のようにピーク値から20%信号レベルが低下する点である。

第7図においてマスク及びウエハの焦点距離を先に示した数値例の通り各々 $aw = 214.7228 \mu m$ 、 $bw = -186.570 \mu m$ 、マスク・ウエハ間のギャップ $\delta = 30 \mu m$ 、ウエハ・センサ間の距離 $L = 18657 \mu m$ とし、光源波長を SLD 等で一般的な $0.85 \mu m$ とする。

この条件のもとでスペクトル全幅を $40 nm$ とし、その半値が $20 nm$ であることより、以下では $\Delta\lambda/2 = 20 nm$ として計算する。

フレネルゾーンプレートの焦点距離 f は波長変化を $\Delta\lambda$ とすると変化後の焦点距離 f' は、

$$\left(1 + \frac{\Delta\lambda/2}{\lambda}\right) f \text{ となることから、}$$

$$aw = 214.7228 \mu m, \quad bw = -182.9118 \mu m$$

$$\frac{\Delta \lambda}{2} = 20 \text{ nm}, \lambda = 0.85 \mu \text{ m} \text{ を代入すると}$$

$$a w = 209.8705 \mu \text{ m},$$

$$b w = -178.6080 \mu \text{ m}$$

となり、

$$\left(\frac{a w}{a w - \delta} + \frac{1}{L} = -\frac{1}{b w} \right)$$

より、幾何光学的、結像点が $30202.9 \mu \text{ m}$ となる。

このときセンサは当然前に示した値 $18657 \mu \text{ m}$ のままであるからセンサ上のスポットはウエハのフレネルゾーンプレートの出射窓のアライメント方向の径を a として $0.3823a$ だけのスポットとなる。従って a を仮りに $100 \mu \text{ m}$ とすると $0.3823a$ の値は $38 \mu \text{ m}$ となる。これは $\lambda = 0.85 \mu \text{ m}$ の時の波動光学的スポット径が $1.4 \lambda F$ (F は F ナンバであり、 $F = f/a$) であるから

$$1.4 \times 0.85 \times 18657 / 100 \approx 222 [\mu \text{ m}]$$

であり、これが $222 \mu \text{ m}$ と $38 \mu \text{ m}$ の和より約

為の条件となる。干渉の影響を軽減する条件は前述の第1図(A)の実施例と同じで(1)式で与えられる。従って(1)、(4)式より

$$\lambda^2 / 200000 \leq \Delta \lambda \leq 60 \quad (\text{単位 nm})$$

がこの様な装置での条件となる。

尚、本実施例においてはコヒーレンシの低い光源としてキセノンランプや白色ランプ等の広いスペクトル幅を有する光源が使用可能である。

しかしながら、これらの光源は一般に輝度が低く、又光源の面積が数 $10 \mu \text{ m}$ 程度の半導体デバイスに比べて極めて大きい、又スペクトル幅が大きすぎてスポット径が小さくならないという問題点がある。

この為、本実施例では光源としてSLD等を用い、光束のコヒーレンシを前述の方法により低下させ、これにより高精度な位置合わせ装置を達成している。

(発明の効果)

以上のように本発明によれば第1物体面上と第2物体面上に設けたアライメントマークからの

$260 \mu \text{ m}$ に変化する。即ち 17% 広がることを意味し、ピーク値の低下はスポット径の広がりに反比例するからピークが 15% 程度下がることとなる。

つまり、スペクトル幅が $\pm 20 \text{ nm}$ の時、ピーク値は 15% 程度下がる。この数値例から外そうするとピーク値が 20% 程度下がるのはスペクトル半幅が $\pm 30 \text{ nm}$ の時である。つまりスペクトル幅が $\pm 30 \text{ nm}$ の時、ピーク値が約 80% 程度となり、信号検出の S/N の確保の為必要なレベルは確保できる。

またこれを超えるスペクトル幅とすると前述のピーク値は 80% 以下となり、特にアライメント信号光の回折効率が少ない時の散乱成分が多く S/N の低いウエハを推定すると精度確保が困難となる。

従って光源のスペクトル半幅は $\pm 30 \text{ nm}$ 以下であることが好ましい。。従って、

$$\Delta \lambda \leq 60 \quad (\text{nm}) \quad \dots \dots (4)$$

がスポット径拡大による S/N 比劣化を軽減する


光束を利用して第1物体と第2物体との位置合わせを行う際、前述の如くアライメントマークを照明する光源からの光束の発振波長幅を制御することにより、センサー面上に生ずるスペックルパターンを軽減させセンサからの出力信号の S/N 比を向上させ高輝度な位置合わせを可能としたプロキシミティ露光に好適な位置検出装置を達成することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図(A)、(B)は本発明の第1実施例の要部概略図、第2図は第1図の一部分の説明図、第3図(A)、(B)、(C)はセンサ面上の信号光と不要光の光強度分布を説明する概略図、第4図はスポットの形成状態を説明する部分概略図、第5図(A)は本発明においてレーザを駆動させる電流値の説明図、第5図(B)は半導体レーザの特性を示す説明図、第6図はスーパーluminescentダイオードの特性を示す説明図、第7図は本発明の第2実施例の要部概略図である。

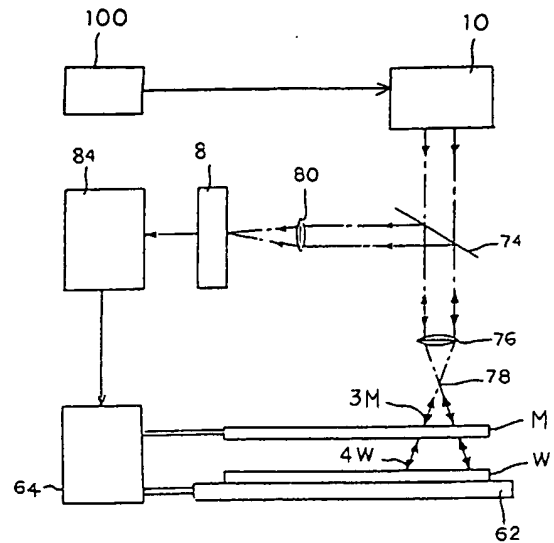
図中、Mはマスク(第1物体)、Wはウエハ

(第2物体)、3Mはマスクアライメントマーク、4Wはウエハアライメントマーク、10は光源、11は投光レンズ系、12はハーフミラー、8は検出器、24は位置検出回路、23は制御装置、22はコントローラ、21はステージ、100は光源駆動制御手段である。

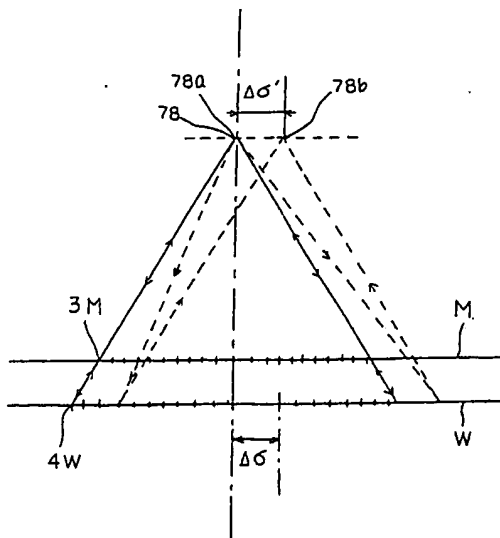
特許出願人 キヤノン株式会社
代理人 高梨幸雄 



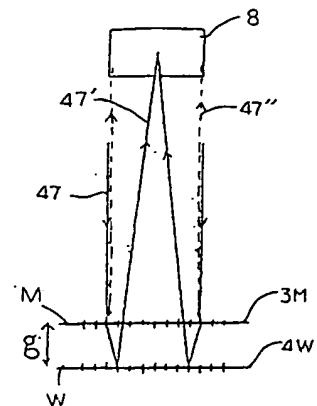
第 1 圖 (A)



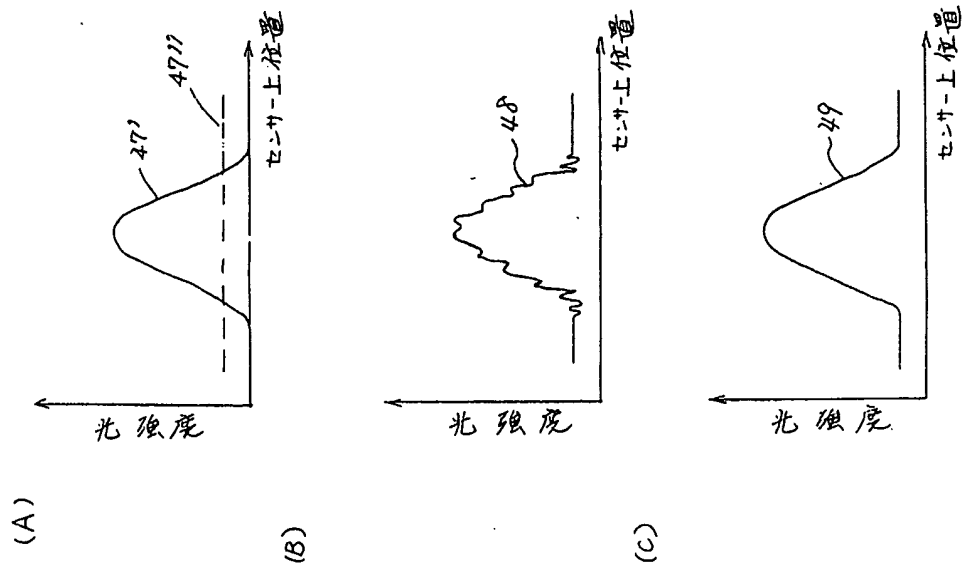
第 1 ☒ (B)



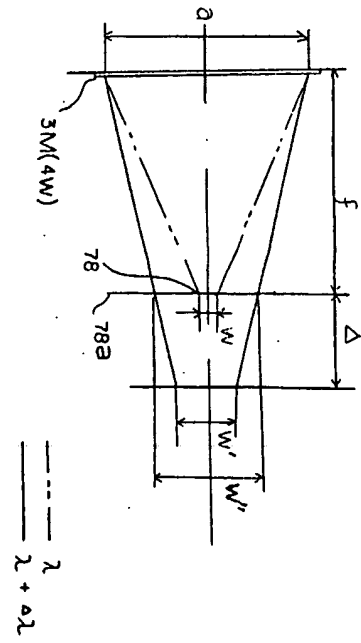
第 2 回



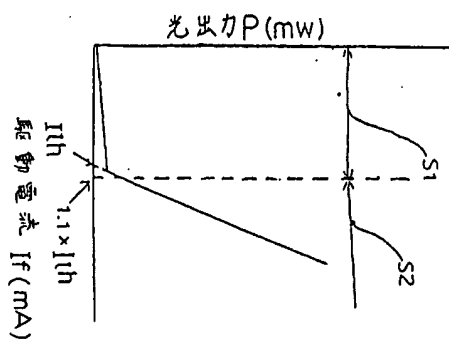
第 3 図



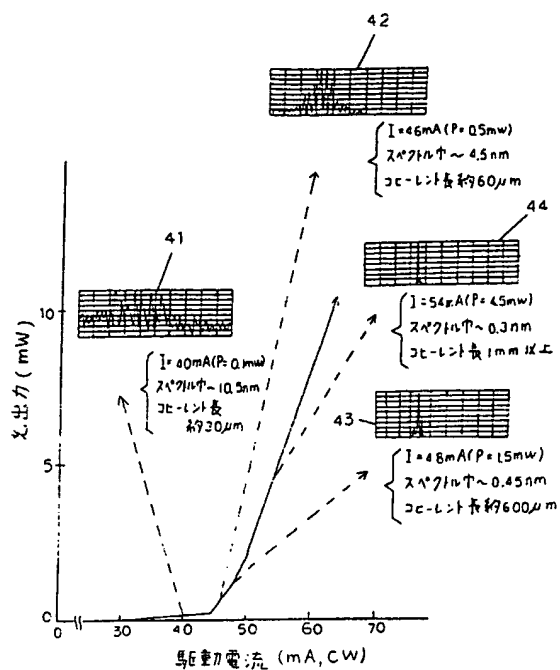
第 4 図



第 5 図 (A)

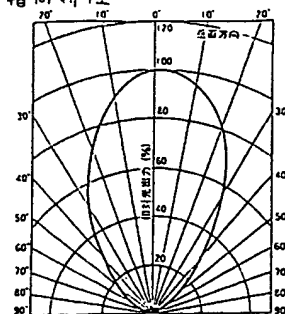


第 5 図 (B)

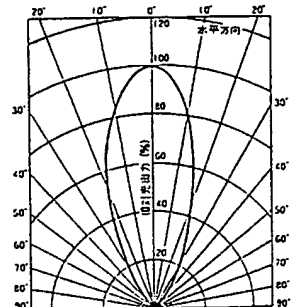


第 6 図

(A) 指向特性

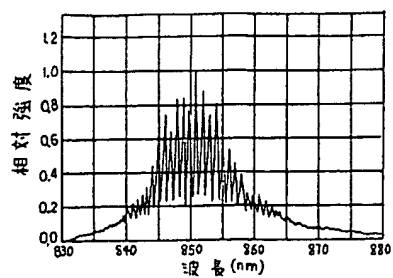


(B) 指向特性



第 6 図

(C)



(D)

